

ANALISA PERHITUNGAN BEBAN COOLING TOWER PADA FLUIDA DI MESIN INJEKSI PLASTIK

Raden Suhardi Putra

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana

ABSTRAK--Dalam penggunaan material plastik sebagai komponen dan *spare part*, dan di industri otomotif kini banyak menggunakan mesin pencetak palstik dalam pembuatan produk. Pada proses pencetakan plastik diperlukan pendinginan baik itu mesin dan juga cetakannya (*mold*) agar terhindar dari kerusakan atau *deffect* yang terjadi akibat suhu yang terlalu panas sehingga mengakibatkan terganggunya proses pencetakan. Salah satu proses pendinginannya adalah menggunakan sistem *cooling tower* sebagai alat dan air sebagai media fluidanya, yang berguna untuk menjaga dan menstabilkan suhu pada *mold* dan mesin. Dalam proses pendinginannya, *Cooling Tower* memiliki beban, efisiensi, penggunaan *make-up water* dan persentasinya, serta efek yang diakibatkan jika suhu mesin terlalu panas pada *mold* atau mesin. Pada analisa didapatkan suhu maksimal yang baik untuk cooling tower dari segi beban, efisiensi, *make-up water*, dan efek nya agar proses pencetakan dapat berjalan dengan baik. Efisiensi (%) yang baik untuk beban *cooling tower* pada analisa adalah suhu T_{1db} 33°C kelembapan 80%, dan suhu T_{2db} 36°C kelembapan 90%. *Make-up water* yang paling ekonomis pada *cooling tower* pada analisa dengan suhu T_{1db} 33°C dan T_{2db} 36°C dengan kelembapan 80%, dan 90%.

Kata kunci: Plastik, Suhu, Cooling tower

ABSTRACT--*In Plastic materials as components and spare parts is a commonplace. Similarly, the automotive industry now widely uses the plastics molding-machine in the making process of their products. It takes the cooling stage in the plastic molding-process, both for the machinery and the molding tool; to avoid damage or defect caused by the extreme heat that can lead to disruption of the molding process. One of the cooling process is by using a Cooling Tower system as the tool, and also the water as the fluid medium. It is intended to maintain and stabilize the temperature of the molding equipment and the machinery. In the process of cooling, the Cooling Tower has a load, efficiency, the using of make-up water and its percentages, and also the effects that may occur if the temperature of the engine is too hot in the molding tools or in the machinery. In the analysis, the authors found the maximum temperature limit for the Cooling Towers in terms of the load, efficiency, make-up water, and the effect; which aims to make the printing process can run well. For the load of the Cooling Tower, the temperature is at T_{1db} 33°C with the 80% humidity, and the temperature of T_{2db} 36°C with the 90% humidity.*

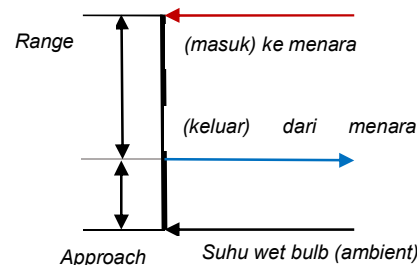
Keywords: *Plastics, Temperature, Cooling Towe*

1. PENDAHULUAN

Menurut EL.Wakil, menara pendingin didefinisikan sebagai alat penukar kalor yang material fluida kerjanya adalah air, dan udara yang berfungsi mendinginkan air dengan kontak langsung dengan udara yang mengakibatkan sebagian kecil air menguap. Pada kebanyakan menara pendingin yang dipakai pada sistem pendinginan udara menggunakan sistem pompa sentrifugal untuk menggerakkan air vertikal melintasi menara. Prestasi menara pendingin biasanya dinyatakan dalam *range* dan *approach* seperti Gambar 1

Cooling tower juga dimanfaatkan dalam upaya peningkatan produktifitas serta efisiensi pada proses produksi mesin di industri. Karena dalam beberapa hal di industri dibutuhkan tingkat efisiensi dan temperatur yang sesuai agar dapat bekerja secara optimal. Untuk dapat menghasilkan suhu yang diinginkan, maka peralatan yang akan digunakan harus memenuhi

kapasitas yang sesuai dengan beban pendinginan yang dimiliki oleh mesin yang digunakan.

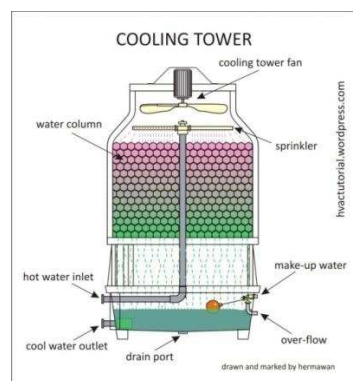


Gambar 1. *Range* dan *Approach* temperatur pada menara pendingin

Fluida yang keluar dari hasil proses pendinginan pada mesin injeksi plastik, mempunyai suhu panas atau besar. Sehingga diperlukannya pendinginan agar fluida dari proses mesin tersebut dapat digunakan kembali dengan suhu yang stabil. Fluida disini merupakan air yang mana pada sistem refrigerasi berkapasitas

sedang dan besar air sebagai media pendingin kondenser. Hal ini dikarenakan air memiliki kemampuan pemindahan kalor yang lebih baik. Kondenser berpendingin air berdasarkan cara kerjanya memiliki dua klasifikasi. Fungsi dari *cooling tower* atau menara pendingin adalah untuk menurunkan suhu aliran fluida baik itu air, ataupun *oil* dengan cara mengekstraksi panas dari fluida dan mengemisikannya ke atmosfer. Setelah melalui kondenser, temperatur air akan naik karena menyerap sejumlah kalor dari *refrigerant* di Kondenser, temperatur air akan naik karena menyerap sejumlah kalor dari *refrigerant* di kondenser. Air panas ini lalu masuk melalui *hot water inlet port* pada *cooling tower* untuk seterusnya naik kebagian atas *cooling tower* tersebut. Air kemudian keluar melalui lubang-lubang yang ada pada *sprinkler*. *Sprinkler* akan berputar sambil melepaskan air dan mendistribusikannya secara merata dibagian atas *cooling tower*. Air yang keluar dari *sprinkler* ini kemudian masuk ke *water column* dan bersinggungan dengan aliran udara yang arahnya berlawanan (air panas turun kebagian bawah *cooling tower*, sementara udara masuk dari bagian bawah untuk seterusnya keluar dari bagian atas). Pada saat persinggungan antara air dan udara, sejumlah kalor akan dilepaskan oleh air yang bertemperatur lebih tinggi ke udara yang bertemperatur lebih rendah. Sehingga mengakibatkan temperatur air akan turun. Temperatur air yang sudah dingin ini kemudian ditampung dibagian bawah *cooling tower* (basin) untuk kemudian disirkulasikan lagi menuju kondenser agar dapat menyerap kalor lagi.

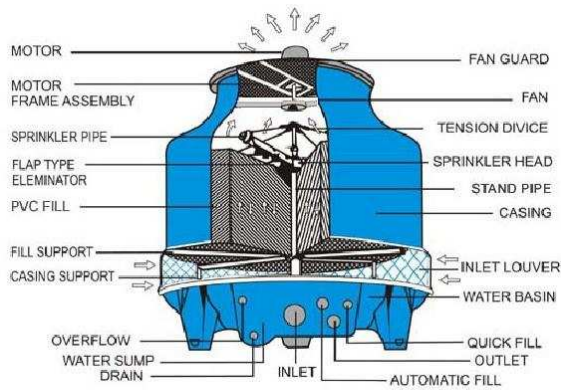
Pada saat persinggungan air dan udara, sejumlah air akan ikut terbang ke udara, sehingga *volume* air akan berkurang. Untuk mengatasinya, maka *make-up water* yang dihubungkan dengan jalur air domestik (PAM) dengan dilengkapi pelampung akan tetap menjaga agar level air di penampung tidak berkurang, seperti Gambar 2.



Gambar 2. Prinsip Kerja *Cooling Tower*

Komponen *cooling tower* (pada proses mesin injeksi plastik) jenis aliran angin tarik (*induced draft counterflow cooling tower*) secara garis besar adalah:

- Kipas (*fan*)**
Merupakan bagian terpenting dari sebuah menara pendingin karena berfungsi untuk menarik udara dingin dan mensirkulasikan udara tersebut di dalam menara untuk mendinginkan air. Jika kipas rusak atau tidak berfungsi maka kinerja menara pendingin tidak maksimal. Kipas digerakkan oleh motor listrik dan di kopel langsung oleh poros kipas.
- Kerangka pendukung menara (*tower supporter*)**
Berfungsi untuk mendukung menara pendingin agar dapat berdiri kokoh dan tegak. *Tower supporter* terbuat dari baja.
- Rumah menara pendingin (*casing*)**
Rumah menara pendingin harus memiliki ketahanan yang baik terhadap segala cuaca dan *life time* yang lama. *Casing* terbuat dari seng.
- Pipa *sprinkler***
Merupakan pipa yang berfungsi untuk mensirkulasikan air secara merata pada menara pendingin, sehingga perpindahan kalor air dapat efektif dan efisien. Pipa *sprinkler* dilengkapi lubang-lubang kecil untuk menyalurkan air.
- Penampung air (*water basin*)**
Water basin berfungsi untuk pengumpul air sementara yang jatuh dari *filling material* sebelum disirkulasikan kembali ke kondenser. *Water basin* terbuat dari seng.
- Lubang udara (*inlet louver*)**
Berfungsi sebagai tempat masuknya udara melalui lubang-lubang yang ada. Melalui *inlet louver* akan terlihat kualitas dan kuantitas air yang akan didistribusikan. *Inlet louver* terbuat dari seng.
- Bahan pengisi (*filling material*)**
Filling material merupakan bagian dari menara pendingin yang berfungsi untuk mencampurkan air yang jatuh dengan udara yang bergerak naik. Air yang masuk mempunyai suhu yang cukup tinggi akan disemprotkan ke *filling material*. Pada *filling material* inilah air yang mengalir turun menuju *water basin* akan bertukar kalor dengan udara segar dari atmosfer yang suhunya. Oleh sebab itu, *filling material* harus dapat menimbulkan kontak yang baik antara air dan udara agar terjadi laju perpindahan kalor yang baik. *Filling material* harus kuat, ringan dan tahan lapuk. *Filling material* ini mempunyai fungsi memecah air menjadi butiran-butiran permukaan pendinginan sehingga proses perpindahan panas dapat dilakukan seefisiensi mungkin



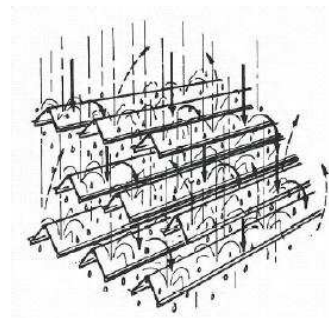
Gambar 3. Konstruksi Cooling Tower

Jenis bahan pengisi dapat dibagi menjadi 3 yaitu:

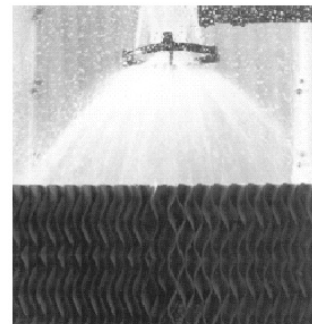
1. Bahan pengisi jenis percikan (*splash fill*)
Jenis bahan ini adalah air jatuh diatas lapisan yang berurut dari batang pemercik horisontal, yang secara terus menerus pecah menjadi tetesan yang lebih kecil, sambil membasahi permukaan bahan pengisi. Luas permukaan butiran air adalah luas permukaan perpindahan kalor dengan udara. Bahan pengisi percikan dari plastik memberikan perpindahan kalor yang lebih baik, dapat dilihat pada Gambar 4.
2. Bahan pengisi jenis film (*film fill*)
Bagian ini terdiri dari permukaan lapisan plastik tipis dengan jarak berdekatan dimana diatasnya terdapat semprotan air, membentuk lapisan film yang tipis dan melakukan kontak dengan udara. Ada banyak macam bentuk seperti: datar, bergelombang, berlekuk dan bentuk lainnya. Pada bahan pengisi film, air membentuk lapisan tipis pada sisi-sisi lembaran pengisinya. Luas permukaan dari lembaran pengisi adalah luas perpindahan kalor dengan udara sekitar. Jenis bahan pengisi film lebih efisien dan memberi perpindahan kalor yang sama dalam volume yang lebih kecil daripada bahan pengisi jenis *splash*, dapat dilihat pada Gambar 5.
3. Bahan pengisi sumbatan rendah (*Low clog film fill*)
Jenis pengisi ini dengan ukuran flute yang lebih tinggi, saat ini sedang dikembangkan untuk mengatasi air yang keruh. Jenis ini merupakan pilihan terbaik untuk jenis air yang berasal dari laut karena adanya penghematan daya kinerja dibandingkan tipe bahan pengisi jenis percikan konvensional, dapat dilihat pada Gambar 6.

Tabel 1. Kebutuhan Fill Material (Ramarao dan Shivaraman2004)

	Splash fill	Film fill	Low clog film fill
Rasio l/g yang mungkin	1,1-1,5	1,5-2,0	1,4-1,8
Luas perpindahan panas efektif (m^2/m^3)	30-45	150	85-100
Kebutuhan tinggi bahan pengisi (m)	5-10	1,2-1,5	1,5-1,8
Kebutuhan head pompa (m)	9-12	5-8	6-9
Kebutuhan jumlah udara	Tinggi	Sangat rendah	Rendah



Gambar 1. Splash Fill



Gambar 5. Film Fill



Gambar 2. Low-clog film fill

Jenis menara pendingin, namun umumnya penjenisan ini dibagi berdasarkan sirkulasi air yang terdapat didalamnya. Menurut J.R. Singham

menara pendingin dapat diklasifikasikan menjadi tiga bagian, yaitu:

1. Menara pendingin basah (*wet cooling tower*)
2. Menara pendingin kering (*dry cooling tower*)
3. Menara pendingin basah-kering (*wet-dry cooling tower*)

Menara pendingin basah mempunyai sistem distribusi air panas yang disemprotkan secara merata ke kisi-kisi, lubang-lubang, atau batang-batang horizontal pada sisi menara yang disebut isian. Udara masuk dari luar menara melalui kisi-kisi yang berbentuk celah-celah horizontal yang terpancang pada sisi menara. Celah bisanya mengarah miring kebawah agar air tidak keluar.

Adanya pencampuran antara air dan udara maka terjadi perpindahan kalor sehingga air menjadi dingin. Air yang sudah dingin berkumpul di bak atau basin di dasar menara dan dari situ diteruskan ke kondenser atau dibuang keluar, sehingga udara baru kalor dan lembab keluar melalui atas menara. Menurut litelatur EL. Wakil, menara pendingin basah dapat dibedakan menjadi 3 yaitu:

1. Menara pendingin basah aliran angin alami (*Natural-Draft Cooling Tower*)

Pada awalnya menara ini berbentuk silinder hingga pada akhirnya berbentuk hiperbola seperti sekarang ini. Menara pendingin ini pertama dibuat pada tahun 1972, di gunakan di Inggris dan Amerika. Menara ini tidak menggunakan kipas, dan aliran udaranya bergantung semata-mata pada tekanan dorong alami dan tidak ada bagian yang bergerak. Udara mengalir keatas karena adanya perbedaan massa jenis antara udara atmosfer dengan udara kalor lembab didalam menara pendingin yang bersuhu lebih tinggi daripada udara atmosfer sekitarnya, dapat dilihat pada Gambar 7 dan 8. Karena beda massa jenis ini maka timbul tekanan dorong yang mendorong udara keatas. Menara pendingin alami ini memiliki tinggi yang cukup tinggi bisa mencapai puluhan meter. Menara pendingin alami ini dibagi menjadi 2 jenis yaitu:

- a. Menara pendingin aliran angin alami aliran lawan arah
- b. Menara pendingin aliran angin alami aliran silang arah

Kedua jenis menara pendingin ini, menara pendingin aliran angin alami silang arah kurang diminati, karena lebih sedikit memberi tahanan terhadap aliran udara di dalam menara, sehingga kecepatan udaranya lebih tinggi dan mekanisme perpindahan kalornya kurang efektif dan efisien. Menara pendingin aliran angin alami lawan arah lebih sering dipakai karena mempunyai kelebihan sebagai berikut:

- Memiliki konstruksi yang kuat dan kokoh sehingga lebih tahan terhadap tekanan angin

- Mampu beroperasi dicuaca dingin ataupun lembab
- Dapat digunakan untuk instalasi skala besar.

2. Menara pendingin aliran angin mekanik (*mechanical-draft cooling tower*)

Menara pendingin. Pada pendingin ini udara mengalir karena adanya kipas yang digerakkan secara mekanik. Fungsi kipas adalah mendorong udara (*forced-draft*) atau menarik udara melalui menara (*induced-draft*) yang dipasang diatas atau dibawah menara. Berdasarkan fungsi kipas, menara pendingin aliran angin mekanik terbagi menjadi 2 jenis, yaitu:

- a. Tipe aliran angin dorong (*forced-draft*)
- b. Tipe aliran angin tarik (*induced-draft*)

Tipe aliran angin dorong, kipas yang dipasang di bagian bawah, sehingga mendorong udara melalui menara. Aliran angin ini secara teoritis banyak disukai karena kipas beroperasi dengan udara yang lebih dingin, sehingga konsumsi daya menjadi lebih kecil. Tetapi berdasarkan beberapa kasus jenis ini memiliki masalah yang berkaitan dengan distribusi udara, kebocoran, dan resirkulasi udara kalor dan lembab kembali ke menara. Seiring dengan banyaknya permasalahan yang timbul maka saat ini banyak digunakan pada instalasi adalah tipe aliran angin tarik (*induced draft*). Pada menara aliran angin tarik, udara masuk dari sisi menara melalui bukaan yang cukup besar pada kecepatan rendah dan bergerak melalui bahan pengisi (*filling material*). Pemasangan kipas pada puncak menara dan membuang udara kalor dan lembab ke atmosfer.

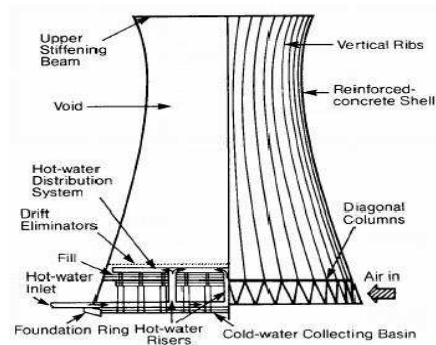
Aliran udara masuk menara pada dasarnya horizontal, tetapi aliran pada bahan pengisi ada yang horizontal seperti pada menara pendingin aliran silang dan adapula yang vertikal seperti menara pendingin aliran lawan arah. Menara pendingin lawan arah lebih banyak dipakai dan dipilih karena efisiensi termalnya lebih baik daripada aliran silang, dapat dilihat pada Gambar 9, 10 dan 11.

Keunggulan aliran angin mekanik adalah:

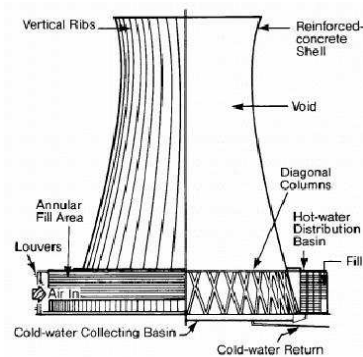
- Terjaminnya aliran jumlah udara dalam jumlah yang dibutuhkan pada segala kondisi beban dan cuaca.
- Biaya investasi dan konstruksi lebih murah
- Ukuran dimensi lebih kecil.

Kelemahan menara pendingin aliran angin mekanik adalah:

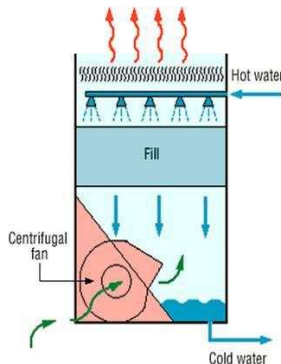
- Kebutuhan daya yang besar
- Biaya operasi dan pemeliharaan lebih besar
- Bunyi yang dihasilkan bising atau ribut.



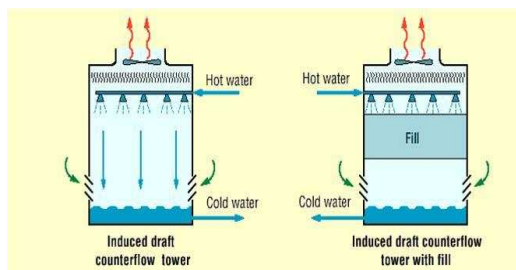
Gambar 3. Menara pendingin aliran angin alami lawan arah



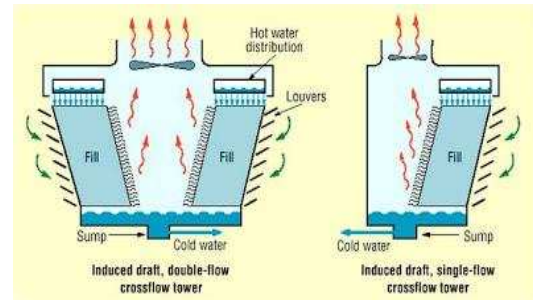
Gambar 4. Menara Pendingin aliran angin alami silang arah



Gambar 5. Menara pendingin aliran angin mekanik

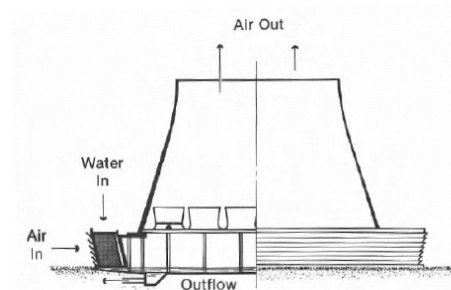


Gambar 6. Menara pendingin *Induced Draft*



Gambar 7. *Cooling Tower Induced Draft* dengan aliran melintang

3. Menara pendingin aliran angin gabungan (*combine draft cooling tower*)



Gambar 8. Menara pendingin aliran angin gabungan

Menara ini mempunyai ukuran yang lebih kecil dibandingkan dengan menara angin alami dan mekanik, dimana ukurannya dua pertiga menara angin mekanik dan terdapat kipas listrik yang dapat mendorong angin.

3.1 Menara pendingin kering (*dry-cooling tower*)

Menara ini adalah menara pendingin yang air sirkulasinya dialirkan didalam tabung-tabung bersip yang dialiri udara, kalor yang dikeluarkan dari air sirkulasi diubah. Menara pendingin kering ini dirancang untuk dioperasikan dalam ruang tertutup. Keunggulan menara pendingin ini yaitu:

- Tidak memerlukan pembersihan berkala dengan jangka waktu seperti menara pendingin basah.
- Tidak memerlukan zat kimia aditif yang banyak
- Memenuhi syarat peraturan pengelolaan lingkungan mengenai pencemaran termal dan pencemaran udara pada lingkungan

Kelemahan menara pendingin kering ini adalah efisiensi yang kurang maksimal, sehingga mempengaruhi efisiensi siklus keseluruhan. Ada dua jenis menara pendingin kering, yaitu:

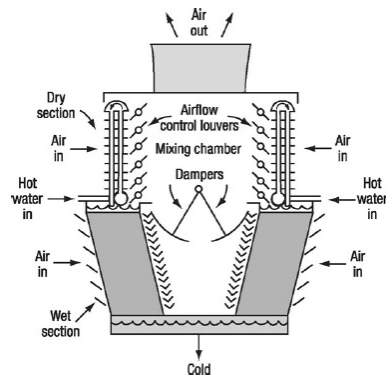
- Menara pendingin kering langsung,

- Menara pendingin kering tak langsung

3.2 Menara pendingin basah kering (*wet-dry cooling tower*)

Menara ini merupakan gabungan dari menara pendingin basah dan menara pendingin kering, dan mempunyai dua jalur udara paralel dan dua jalur udara seri. Bagian atas menara di bawah kipas adalah bagian kering yang berisi tabung-tabung bersip. Bagian bawah adalah ruang yang lebar yang merupakan bagian yang basah terdiri dari bahan pengisi (*filling material*) sirkulasi air yang panas masuk melalui kepala di bagian tengah. Air berawal dari naik turun melalui bagian sirip dibagian kering. Lalu meninggalkan bagian kering dan jatuh ke isian bagian basah menuju ke bak penampung air dingin. Sedangkan udara ditarik dalam dua arus pada bagian kering dan basah. Kedua arus bercampur dan menyatu didalam menara sebelum keluar. Menara pendingin basah kering ini mempunyai keunggulan yaitu:

- Udara keluar tidak jenuh, sehingga memiliki kepulan yang sedikit
- Airnya mengalami pendinginan awal di bagian kering, penyusutan karena penguapan jauh berkurang, demikian juga dengan air tambahan



Gambar 9. Menara pendingin basah-kering

Pada pengambilan data lapangan alat yang digunakan ada 2, yaitu:

- a. Termometer *infrared*
- b. Higrometer (alat ukur kelembapan)

Parameter yang diujikan adalah:

- a. Kalor pada air (air hangat)
Air hangat disini adalah air yang keluar dari mesin injeksi plastik dengan suhu panas tertentu dan mengalir menuju cooling tower

$$Q_{ah} = m_3 c_{p3} (T_3 - T_4) \quad (1)$$

- b. Massa Udara Kering

Massa udara kering merupakan jumlah udara yang dilepaskan setelah proses pelepasan panas oleh udara

$$Q_{up} = m_a (h_2 - h_1) \quad (2)$$

$$m_a = \frac{Q_{up}}{h_2 - h_1}$$

- c. Make-up water

Jumlah air yang terkumpul pada water basin atau tangki di cooling tower setelah proses pendinginan.

$$(m_3 - m_4) = m_a (\gamma_2 - \gamma_1) \quad (3)$$

- d. Persentase make-up water

$$\frac{m_a}{m_3} \times 100\% \quad (4)$$

- e. Efisiensi cooling tower

Efisiensi disini adalah keefisienan cooling tower proses pendinginan air

$$\eta_{CT} = \frac{Q_{actual}}{Q_{mak(teoritis)}} \times 100\% \quad (5)$$

$$\eta_{CT} = \frac{T_3 - T_4}{T_3 - T_{wb1}} \times 100\%$$

Dari serangkaian pengukuran, dan pengujian pada mesin injeksi dan cooling tower didapatkan data-data sebagai berikut: Suhu mesin/mold $T_3 = 40^\circ\text{C} - 45^\circ\text{C}$, menjadi $T_4 = 33^\circ\text{C} - 38^\circ\text{C}$, dan menguji cooling tower didapat suhu $T_1 = T_{db} 32^\circ\text{C}$, $T_{wb} 30^\circ\text{C}$ kelembapan 80%. $T_2 = T_{db} 38^\circ\text{C}$, $T_{wb} 36^\circ\text{C}$, kelembapan 90%

Diketahui data:

- $Q_v = 47 \text{ m}^3/\text{hr} = 47 \text{ m}^3/3600 \text{ s} = 0,013 \text{ m}^3/\text{s}$

$$\rho = 998 \text{ kg/m}^3$$

$$m_3 = Q_v \times \rho = 0,013 \text{ m}^3/\text{s} \times 998 \text{ kg/m}^3 = 12,974 \text{ kg/s}$$

- $C_{p3} (\text{air}) = 4178 \text{ J/kg K}$
- $T_3 (\text{suhu air keluar}) = 40^\circ\text{C} = 40 + 273 = 313\text{K}$
- $T_4 (\text{suhu air masuk}) = 33^\circ\text{C} = 33 + 273 = 306\text{K}$
- $T_2 (\text{pelepasan suhu air di cooling tower}) =$
 - $T_{db} = 38^\circ\text{C}$
 - $T_{wb} = 36^\circ\text{C}$
 - $h_2 = 138,24 \text{ kJ/kg} = 138240 \text{ J/kg}$
 - $\gamma_2 = 0,039 \text{ kg uap/kg uk} = 39 \text{ gr uap/kg uap}$
 - $\phi = 90\%$
- a. $T_1 (\text{pemasukan suhu lingkungan ke air}) =$
 - $T_{db} = 32^\circ\text{C}$
 - $T_{wb} = 30^\circ\text{C}$
 - $h_1 = 94,29 \text{ kJ/kg} = 94290 \text{ J/kg}$

- $\gamma_1 = 0,024 \text{ kg uap/kg uk} = 24 \text{ gr uap/kg uap}$
- $\phi = 80 \%$

Perhitungan:

b. Persamaan 1

$$Q_{ah} = m_3 c p_3 (T_3 - T_4)$$

$$Q_{ah} = 12,974 \text{ kg/s} \times 4178 \text{ J/kgK} (313 \text{ K} - 306 \text{ K})$$

$$Q_{ah} = 54205,372 \text{ J/sK} (7 \text{ K})$$

$$= 379437,6 \text{ J/s} = W$$

c. Persamaan 2

$$Q_{up} = m a (h_2 - h_1)$$

$$m a = \frac{Q_{up}}{h_2 - h_1}$$

$$= \frac{379437,6 \text{ J/s}}{138240 \text{ J/kg uap} - 94290 \text{ J/kg uap}}$$

$$m a = \frac{379437,6 \text{ J/s}}{(43950 \text{ J/kg uap})}$$

$$m a = 8,633393 \text{ kg. u.k/s}$$

d. Persamaan 3 (Make-up water)

$$m_3 - m_4 = m a (\gamma_2 - \gamma_1)$$

$$= 8,633393 \text{ kg. u.k/s} (0,039 \text{ kg/kg uk} - 0,021 \text{ kg/kg uk})$$

$$= 8,633393 \text{ s} \times (0,015 \text{ kg})$$

$$= 0,129501 \text{ kg air/s}$$

e. Persamaan 4 (% make-up water)

$$\frac{m a}{m_3} \times 100\%$$

$$= \frac{0,129501 \text{ kg air/s}}{12,974 \text{ kg/s}} \times 100\%$$

$$= 0,998157\%$$

f. Persamaan 5

$$\eta_{CT} = \frac{Q_{actual}}{Q_{mak}(\text{teoritis})} \times 100\%$$

$$\eta_{CT} = \frac{T_3 - T_{wb1}}{T_3 - T_4} \times 100\%$$

$$\eta_{CT} = \frac{40^\circ\text{C} - 33^\circ\text{C}}{40^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}} \times 100\% = 0,7 \times 100\% = 70\%$$

Tabel 4. 1 Tabel Perhitungan *Input Cooling Tower*

Data Hasil Input Cooling Tower							
Variabel Data							
Exp. No	T1	ϕ (%)	T2	ma (kg uk/s)	Make-up Water		η_{CT} (%)
					kg uap/s	%	
1	32	80	38	8,63	0,13	0,99	70

4. KESIMPULAN

1. Pengaruh suhu lingkungan terhadap pengaruh suhu air sangat besar, dan dapat mempengaruhi dalam efisiensi cooling tower.

2. Efisiensi (η) yang baik untuk beban cooling tower pada analisa adalah suhu lingkungan masuk cooling tower T_{1db} 33°C kelembapan 80%, dan suhu pelepasan udara panas dari mesin T_{2db} 36°C kelembapan 90%
3. Make-up water yang paling ekonomis pada cooling tower pada analisa dengan suhu lingkungan masuk cooling tower T_{1db} 33°C dan suhu pelepasan udara panas dari mesin T_{2db} 36°C dengan kelembapan 80%, dan 90%.
4. Pengaruh yang ditimbulkan apabila suhu tidak stabil pada *mold* yaitu terjadinya pendinginan yang tidak sesuai sehingga bisa menyebabkan kualitas hasil produksi rusak, dan bila suhu pada mesin tidak stabil komponen berupa ejector mengalami kemacetan dalam mengalirkan cairan material plastik

DAFTAR PUSTAKA

1. Wakil, EL. 1992. (Judul Asli : *Power Plant Technology/ Instalasi Pembangkit Daya*). Jakarta: Erlangga.
2. Ramarao dan Shivaraman. 2004. (*Ministry of Power India. Cooling Tower In Energy Efficiency in Electricity Utilitas. Chapter 7, 135-151*) India: Bureau Of Energy Efficiency.
3. Hensley, Jhon-C. 2009. (*Cooling Tower Fundamentals, Secon Edition*). Overland Park, Kansas, USA: SPX Cooling Technologies Inc.
4. Climatic Design Information. 2009, (*ASRHRAE Hand Book – Fundamentals*)
5. Soekardi, Chandrasa. 2014. (Modul Kuliah Teknik Pendingin). Jakarta: Universitas Mercu Buana
6. Anton, (2012). Prinsip Kerja Cooling Tower. dilihat dari www.bloganton.info/2012/08/prinsip-kerja-cooling-tower.html
7. Hermawan, (n.d.) hvactutorial. dilihat dari <https://hvactutorial.wordpress.com/hvacr-instrument-tools/>
8. Ulfi Khabibah, (n.d). Cooling Tower. dilihat dari http://www.academia.edu/7351828/Cooling_tower-usu
9. Fu Chun Shin (n.d.). Spesifikasi Mesin Injeksi FCS HT200SV dilihat dari www.FCS.tw
10. Mulyono, (n.d.). Analisa Beban Kalor Menara Pendingin Jujut Tarik. dilihat dari www.Scribd.com/Mulyono-analisa-beban-kalor-menara-pendingin-jujut-tarik
11. Carrier, (2014). Psychrometric Chart. dilihat dari www.Carrier.com
12. Sugartech. (n.d.). Psychrometric Chart Online. Dilihat dari www.Sugartech.za/Psychr